

# 新 纺 纱 技 术

**美**

国每年生产2000万包(约96亿磅)的棉花,约为全球总产量的五分之一。其中大部分的棉花用于织布,然而超过四分之一的棉纤维未能成为成品进入市场,因为从棉花收获到制成身上穿的衬衣的每一个生产过程,都有部分棉花纤维变成碎屑或垃圾而被丢弃。目前,美国康奈尔大学的一名研究员研制了一种利用较低毒性溶剂将废棉花纤维电纺成纳米纤维,这种转变将有助于提高棉花工业的赢利和环境的保护。

据康奈尔大学纺织系助理教授 Margaret Frey 估计，纺织厂在开包和清理工序中（opening and cleaning，即机械地将压缩的纤维分解成单纤维以去除残留物）会损失 4–8% 的棉花纤维；在牵伸和粗纱（drawing and roving，即拉长纤维后合并以增加纤维强度）中损失 1%；在精纺和线纺中损失高达 14–20%。废棉通常用于制作较低廉的棉织品，如：棉球、棉线和棉絮。

棉花的 90% 是纤维素——纤维的最好来源。Frey 认为，理论上这些废棉可以有更多的用途。她说：“我的想法是……为纺织业提供一种生产高端产品的方式”。

Frey 的加工过程包括将棉花溶解在相对温和的溶剂乙二胺里，然后使用电纺过程生产纤维，这种纤维的直径比任何传统纺织技术生产的都要小 100 倍。在电纺中，电弧电荷在空气中将多聚物溶液拉丝并收集到阴极上。然后再将电纺材料混纺到传统的纺织品中以增加强度或耐用性。

Frey 说，纳米纤维的最大特点是比表面积大，因此很少的材料即可发挥很大的功效。譬如：在每平方米传统的过滤材料中，如防毒工作服和空气过滤材料，加入不到 0.1 克纳米纤维即可明显改善过滤膜的功能。

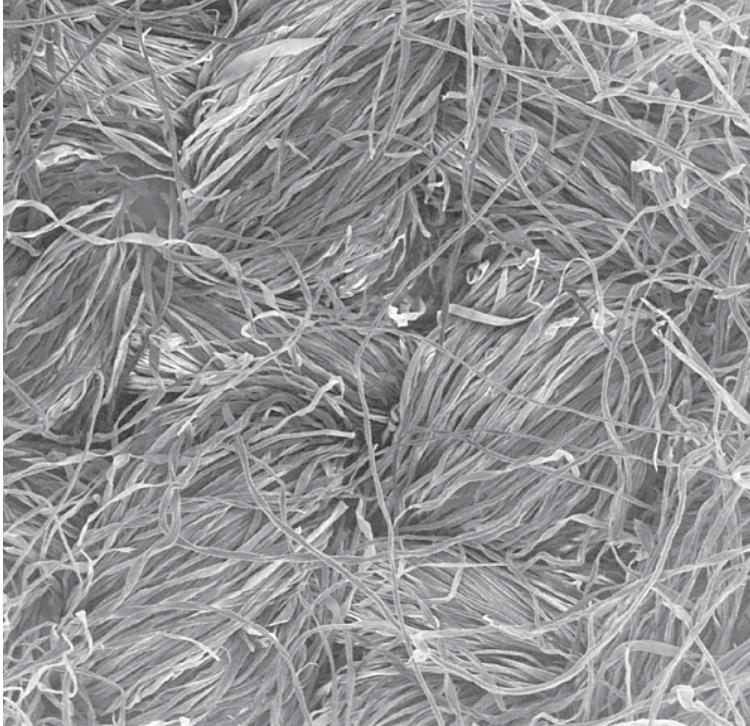
“军队也能在防御系统中使用纳米纤维以预防化学或生化武器”，Frey 说，“纳米纤维的巨大过滤能力，能起到在保护身体的同时不会让人感到被裹在不透气的塑料中”。Frey 还提到纳米纤维可制成能吸收化肥、农药和其它类似物的垫子，以合适的方式适时释放出来。

## 纤维的选择

Frey 指出纤维素有许多氢键，她说：“关键在于破坏这些氢键但不裂解纤维素而使其转化成另一种小分子——葡萄糖。一旦我们找到好的纤维素溶剂，我们就可以把它做成任何我们想要的形状：细小纤维、薄膜及其它”。另一个挑战是溶剂必须比较安全的，同时又能在电纺时具有足够的挥发性。“电纺时给溶剂通电”，Frey 解释道，“当电弧穿过电场时，溶剂必须随电弧挥发，这样才可以将纤维收集起来”。Frey 认为乙二胺或许是能同时满足两个条件的溶剂。

将纤维素转化成可溶性化合物（如把木质纸浆加工成人造纤维）的常用溶剂包括：二硫化碳和氢氧化钠，两者都含有对人体健康必须元素。工业用二硫化碳通常都不纯，带有一股腐臭味。长时间低浓度吸入二硫化碳可导致头痛、乏力和神经损伤，而吸入高浓度二硫化碳将是致命的。气态二硫化碳易燃易爆。氢氧化钠在室温下为固体，当溶于水或与酸中和时可释放巨大的热能，并能与许多金属反应产生可燃性氢气。少量接触对皮肤和眼睛有刺激性，高浓度的氢氧化钠可引起眼、皮肤及胃肠道的严重烧伤。Frey 说，生产人造纤维已造就了许多需要动用超级基金整治的污染区。

上世纪九十年代初期，第二种纤维 Lyocell 面世，它是通过用胺氧化物类溶剂产生的。Frey 说，胺氧化物溶解纤维素时，不会产生人造纤维生产过程中的化学反应，但是，此过程不如生产人造纤维那样具有可塑性，所生产的纤维种类非常有限。



废物中淘金？美国每年 96 亿磅的棉花中有近四分之一在收获、运输和加工过程中丢失。通过加入一种相对安全的溶剂，一项新的电纺技术可以将废弃的棉花加工成高附加值的微纤维（上图）。

北卡州立大学纺织机械化学系助理教授 Richard Kotek 解释说：“胺氧化物带有许多活性很强的氮氧键”。他补充道，“这些氧化物不仅产生许多副反应，而且其本身在温度过高时会很快降解”。

Frey 坚信她用的乙二胺两全其美，“它是一种没有副作用的直接溶解系统”，她说，“你可以回收和重复使用这一溶剂，并利用这一过程生产各种用途的纤维”。

## 纺织业的新技术

Frey 与康奈尔大学化学与生物分子工程学院的助理教授 Yong Joo 和研究生 Choo-won Kim 共同合作开发了这项新技术。这个研究组发现乙二胺能使纤维素膨胀，并将单一的纤维分离出来，而不会被裂解。

为了溶解纤维素，他们加入了硫氰酸盐。在2003年秋季全美化学学会年会上他们展现了这一试验的情况，通过搅拌将干纤维素弥散在乙二胺中，在加入硫氰酸钠和硫氰酸甲后作进一步混匀。样品随后被移入一个冻与解冻的装置使溶解更完全。样品在 -20°C 冰冻 4 小时，然后在 40°C 水浴中解冻 20 分钟。三次冻与解冻循环足以使能溶解的样品都彻底溶解（对于不能形成溶液的样品，再长时间循环也无法使其溶解，有关原因正在研究之中）。“我们无法确定这个系统（冻与解冻）工作的原理，” Frey 说，“我们正在进行的几个热力学研究正在设法揭开这个迷。”形成的溶液被成功地使用在电纺。

Frey 之所以能选出乙二胺作为溶剂，部分是以前的研究数据，部分是靠运气。最近几年，他们发现一种高气压的氨溶剂对纤维素有效。可是，这样的蒸汽压“对我们来说太高了，” Frey 说，“然后我们找更大的分子，即用于火箭的燃料和化工的一种无色液体联胺，但它能导致神经系统、肾和肝损伤。”“联胺的危害已有记录，我们便继续寻找新的大分子，那就是乙二胺。”她说乙二胺的优点是在室温下能保持液体，不象氨在接近室温时已开始挥发。

## 生产高品质棉的困难

对于废棉花的额外用处，Frey 承认有一些观念上的障碍。“当你处理废品时，总认为它是不纯的，因而会产生一种困惑，” Frey 说，“但是我认为这是一种理念上的困惑，而不是现实。”

纺织业研究组织 Cotton Incorporated 的研究和执行副总裁 Don Bailey 对 Frey 的发明有所保留。Bailey 自1971年就从事纺织科学工作。“在那时，”他说，“每一次使用的溶剂都认为是最好的，但随后不久即被禁止或严格限制使用。这就是为什么我不会对发现新溶剂感到特别的兴奋。”

Bailey 也提出基本的经济学问题。“人造纤维来源于废棉花纤维，但在经济上他们无法与木质纸浆竞争”，他说，“即使在棉源充足的今天，仍需一些严谨的经济学研究来验证 Frey 发明的工艺是否具有竞争力。”

他说，最后的问题是要不要用这个工艺以及如何用这一工艺改变棉花纤维。他以竹纤维为例指出，“全球有许多竹子，人们会想它们是纤维生产的极好原料，而且质地均一”，他说，“问题在于，尽管竹子本身防霉，但生产的纤维失去了这些特征，这些问题需要更多的研究。”

这一工序对环境的无害在某种程度上也有争论。“大多情况下溶剂都有健康和环境问题”，Frey 说，“跟其它溶剂一样，我们对乙二胺还是有些顾虑。虽然环保局还没有将其列为危害物，对其用途也没有特别规定，但它必须与其它溶剂一样进行回收并再利用。”

还必须指出的是，加入的硫氰酸盐有一定的危害性，包括呼吸道刺激、乏力和低血压，剂量达 15–30 克时可导致死亡。如加温致裂解，则可释放出有毒的氨、氮氧化物和氯化物。

Bailey 说，最终如果这一工艺被证明其本身对环境无害，“那将是一件大好的事，但首先我认为需要有一个长期观察的结果……如它确能通过电纺生产纳米纤维，将会有益于纺织业。”

“我认为 Frey 的方法是个绝好的主意”，Kotek 说，“纳米纤维很流行，尽管目前我看不到纳米纤维在工业上有多少用处，在不久的将来定会发现很多用途。”

Frey 同意这观点，“到目前为止，用在我们设计的方法中的可溶解微纤维种类没有限制，”她说，“我们尝试了很多种样品，包括棉花、木质浆、细菌纤维素及我能得到的其它任何样品。我认为这一方法潜力巨大。”

-Lance Frazer

译自 EHP 112:A754–A757 (2004)

## 参 考 读 物

- American Fiber Manufacturers Association. FiberSource: Cellulose [online tutorial]. Arlington, VA: American Fiber Manufacturers Association. Available: <http://www.fibersource.com/f-tutor/cellulose.htm> [accessed 30 July 2004].
- Cuculo JA, Aminuddin N, Frey MW. 2001. Solvent spun cellulose fibers. In: Salem DR, ed. Structure Formation in Polymeric Fibers. Munich, Germany: Hanser Gardner Publications; 296–328.
- Graham K, Gogins M. 2004. Incorporation of electrospun microfibers into functional structures. *Intl Nonwovens J* 13(2):21–27. Available: [http://www.india.org/subscrip/inj04\\_2/p21-27-graham.pdf](http://www.india.org/subscrip/inj04_2/p21-27-graham.pdf) [accessed 30 July 2004].
- Hattori K, Abe E, Yoshida T, Cuculo JA. 2004. New solvents for cellulose. II. Ethylenediamine/thiocyanate salt system. *Polym J* 36(2):123–130.